

실리카 슬러리의 재활용 특성

박성우¹, 김철복², 이우선³, 장의구⁴, 서용진¹

대불대학교 전기전자공학과¹, 동성A&T주식회사², 조선대학교 전기공학과³, 중앙대학교 전자전기공학부⁴

Recycling Characteristics of Silica Abrasive Slurry

Sung-Woo Park¹, Chul-Bok Kim², Woo-Sun Lee³, Eui-Goo Chang⁴, and Yong-Jin Seo¹

Daebul University¹, Dong-Sung A&T², Chosun University³, Chung-Ang University⁴

Abstract

In this work, we have studied the CMP characteristics by mixing of original slurry and used slurry in order to investigate the possibility of recycle of used silica slurry. The removal rate and within-wafer non-uniformity (WIWNU) were measured as a function of different slurry composition. Also, we compared the CMP characteristics between self-developed KOH-based silica abrasive slurry and the original slurry. Our experimental results revealed comparable removal rate and good planarity with commercial products.

Key Words : Removal rate, Within-wafer non-uniformity(WIWNU), CMP, Slurry, Abrasive

1. 서 론

최근 반도체 공정 라인에서는 차세대 초미세 공정 기술 도입을 통해 메모리 및 비메모리가 고집적화 되어감에 따라 CMP (chemical mechanical polishing) 공정이 이제는 없어서는 안 될 반도체 칩 제작의 핵심 기술로 적용되고 있다 [1, 2]. 이에 따라 차후에는 더욱 고속화, 고집적화 될 것으로 예상되는 반도체 칩에 대한 광역 평탄화 기술로써 CMP 공정의 필요성이 절실히 요구되는 상황이다 [3-5]. 하지만, 무결점의 광역 평탄화를 위해서는 CMP 공정 중에 발생하는 문제들 이외에도 공정 비용의 70% 이상을 차지하는 소모재(슬러리, 패드, 탄성지지대, 패드 컨디셔너)를 줄여야 하는 단점이 있다. 특히, 고가의 슬러리가 차지하는 비중이 40% 이상을 넘고 있어, 슬러리 원액의 소모량을 줄이기 위한 연구들이 진행되었다[6, 7]. 본 연구에서도 고가의 슬러리를 재활용하기 위한 가능성을 알아보기 위해 2가지 방법을 적용하여 보았다. 첫 번째로 본 연구실에서 수차례의 산화막 CMP 공정

후에 얻어진 폐슬러리를 수집하여 원액 슬러리와 혼합시킨 후, 열처리 시킨 실리카 연마제를 첨가하여 폐슬러리의 재활용 가능성 알아보았다. 또 다른 방법으로 폐슬러리로부터 여과시켜 얻은 실리카 파우더를 연마제로 재활용할 수 있는 가를 검토하기 위해 폐슬러리로부터 필터링에 의해 실리카 파우더를 추출하였고, 연마 입자의 기계적 강도를 증가시키기 위해 열처리 한 후, 다시 슬러리에 적정량 첨가하여 슬러리를 제조한 후, CMP 특성을 비교 고찰하였다.

2. 실험

2.1 원액과 폐슬러리의 혼합 실험

CMP 연마 장치는 G&P Technology사의 POLI-380을 사용하였고, 연마 패드는 Rodel사의 IC 1300과 Suba IV를 접착시킨 이중 연마 패드를 사용하였다. 표 1과 같이 설정된 공정 조건을 이용하여 CMP 공정을 수행하였다. 웨이퍼는 1200 \AA 의 전기로에서 6시간 동안 산화막을 증착시킨 4인

치 블랭킷(blanket) 웨이퍼를 사용하였다. 원액과 재활용 슬러리의 희석과 연마제 첨가시 연마 입자의 분산을 돕기 위해 그림 1(a)에 보인 SONY사의 초음파 분산기를 이용하였으며, 혼합된 슬러리의 aging 현상 및 침전을 방지하기 위해 그림 1(b)의 교반기를 사용하여 충분히 교반시켜 주었다. Post-CMP 세정공정으로 먼저 2분간 SC-1 케미컬에 1분간 DHF 용액에 세정한 후, 4분동안 초음파 세척기를 이용하여 클리닝하였다. 두께 측정은 J. A. Woollam사의 Ellipsometer를 사용하여 웨이퍼 중심에서 가장자리까지 시계방향으로 9점을 측정하였다.

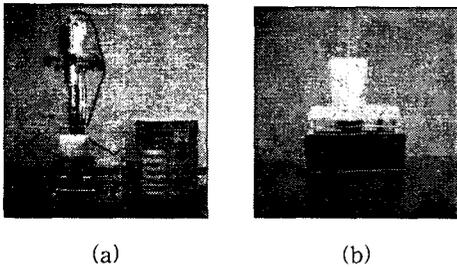


그림 1. (a) 초음파 분산기 (b) 교반기

표1. CMP 공정 조건.

테이블 속도	40 rpm
헤드 속도	60 rpm
연마 압력	300 g/cm ²
슬러리 유속	90 ml/min
연마 시간	90 sec

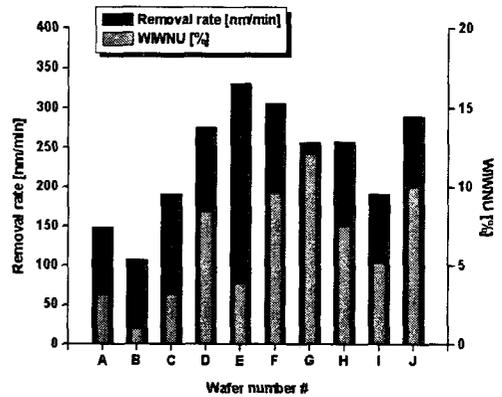
2.2 재활용 연마 입자의 필터링 실험

다음과 같은 4가지 방법으로 실리카 연마입자를 준비하였다.

- ① 원액 슬러리를 수용액 상태에서 건조시켜 얻은 실리카 연마입자. (그림4의 Wafer No. #A-#C)
- ② 연마 후 폐슬러리로부터 필터링하지 않은 실리카 연마입자. (그림4의 Wafer No. #D-#F)
- ③ 거대 파티클 (Particle)을 제거하기 위해 기공이 1.25 [μ m]인 필터로 필터링하여 얻은 실리카 연마입자. (그림4의 Wafer No. #G-#I)
- ④ HI-TXCH사의 전기로를 이용하여 600 °C로 1시간 열처리 한 후 분쇄한 후 필터링하여 얻은 실리카 연마입자. (그림4의 Wafer No. #J-#L)

3. 결과 및 고찰

그림 2는 각각의 슬러리 조성에 따른 연마 제거율과 비균일도 특성을 나타낸 것이다. 슬러리 원액의 경우 150 [nm]의 연마 제거율과 3 %의 비균일도를 나타내었으며, 재활용 슬러리의 경우에는 110 [nm]의 연마 제거율과 2 % 이하의 비균일도를 나타내었다. 또한, 슬러리 원액과 재활용 슬러리를 5 : 5로 희석한 경우에는 SiO₂를 1 wt% 첨가했을 때 양호한 비균일도 특성을 나타내었으며 열처리된 SiO₂를 2 wt% 첨가한 경우에 300 [nm]의 높은 연마 제거율을 나타내었다. 슬러리 원액과 재활용 슬러리를 3 : 7로 희석한 경우에는 SiO₂를 3 wt% 첨가했을 때 비교적 균일한 정도를 나타내었고, 열처리된 SiO₂를 2 wt% 첨가한 경우에서도 300 [nm]의 비교적 높은 연마 제거율을 나타내었다.



(a) 각 시료의 연마율과 비균일도 특성

Wafer No.	Slurry composition
A	Original slurry
B	Reused slurry
C	5 : 5, SiO ₂ 1 wt% 첨가
D	5 : 5, SiO ₂ 2 wt% 첨가
E	5 : 5, SiO ₂ 3 wt% 첨가
F	5 : 5, 1100°C-annealed SiO ₂ 2 wt% 첨가
G	3 : 7, SiO ₂ 1 wt% 첨가
H	3 : 7, SiO ₂ 2 wt% 첨가
I	3 : 7, SiO ₂ 3 wt% 첨가
J	3 : 7, 1100°C-annealed SiO ₂ 2 wt% 첨가

(b) 슬러리 조성에 따른 웨이퍼 종류

그림 2. 슬러리 조성에 따른 CMP 특성

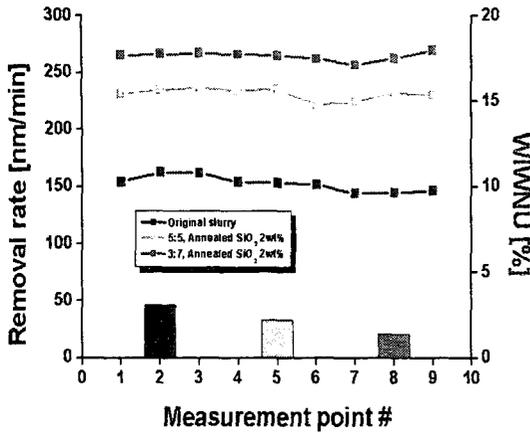
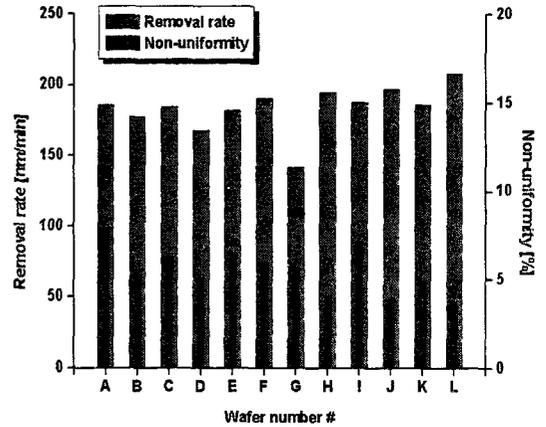


그림 3. 2단계 CMP에 따른 연마율과 비균일도 특성

그림 3은 2단계 CMP에 따른 연마율과 비균일도 특성을 비교한 것으로서, 슬러리 원액의 경우 연마 제거율은 150 [nm]이었다. 슬러리 원액과 재활용 슬러리를 5 : 5로 희석하고 열처리된 SiO₂를 2 wt% 첨가하여 1 단계로 CMP하고 슬러리 원액으로 2 단계 CMP한 경우 연마 제거율은 230 [nm] 이었고, 3 : 7로 희석하고 열처리된 SiO₂를 2 wt% 첨가하여 1 단계로 CMP하고 슬러리 원액으로 2 단계 CMP한 경우 연마 제거율은 260 [nm]의 비교적 높은 연마율을 나타내었다. 또한, 슬러리 원액의 경우 비균일도는 3.1 %를 나타내었다. 슬러리 원액과 재활용 슬러리를 5 : 5로 희석하고 열처리된 SiO₂를 2 wt% 첨가하여 1 단계로 CMP하고 슬러리 원액으로 2 단계 CMP한 경우 비균일도는 2.2 %였고, 3 : 7로 희석하고 열처리된 SiO₂를 2 wt% 첨가하여 1 단계로 CMP하고 슬러리 원액으로 2 단계 CMP한 경우에 비균일도는 1.4 %의 가장 균일한 비균일도를 나타내었다.

그림 4는 본 실험에서 사용한 여러 가지의 슬러리 조성에 따른 연마율과 비균일도 특성을 보인 것이다. 폐슬러리로부터 필터링하여 얻은 실리카 파우더를 열처리한 후, Milling Machine을 이용하여 다시 분쇄하여 얻은 연마제가 첨가된 경우가 원액 슬러리와 거의 비슷한 연마특성을 나타냄을 확인할 수 있다. 이는 열처리 후 연마입자들의 분쇄 과정에 의해서 더 미세하게 분쇄되어 서로 응고되지 않고 분산되었기 때문이며, 열처리로 인해

기계적 강도가 향상되어 알 수 있다. 이는 본 연구에서 제안하는 폐슬러리로부터 실리카 연마제를 재활용 할수 있는 가능성을 제시해주는 결과이다. 필터링 후 열처리한 입자로 연마한 결과 200 [nm/min]를 상회하는 연마율과 3% 정도의 좋은 비균일도 특성을 나타내었다.



(a)

Wafer No.	different slurry abrasive
A	Original slurry 1wt%
B	Original slurry 2wt%
C	Original slurry 3wt%
D	No filtering abrasive 1wt%
E	No filtering abrasive 2wt%
F	No filtering abrasive 3wt%
G	Filtering abrasive 1wt%
H	Filtering abrasive 2wt%
I	Filtering abrasive 3wt%
J	Annealed filtering abrasive 1wt%
K	Annealed filtering abrasive 2wt%
L	Annealed filtering abrasive 3wt%

(b)

그림 4. 각각의 시료들의 연마율과 비균일도 특성

4. 결론

재활용 실리카 슬러리를 이용한 CMP 특성으로부터 얻은 결과는 다음과 같다.

1. 열처리된 SiO₂를 연마제로 첨가했을 때 높은 연

- 마 제거율을 나타냄을 알 수 있었다. 연마 제거율과 비균일도 측면에서 3 : 7로 희석하고 열처리된 SiO₂를 2 wt% 첨가하여 1 단계 CMP를 하고 슬러리 원액으로 2단계 CMP한 경우에 가장 높은 연마율과 낮은 비균일도를 나타내었다.
2. 폐슬러리로부터 필터링을 통해 추출한 실리카 분말을 열처리한 후, 다시 분쇄시킴으로써 Raw 분말에 가까운 재처리된 실리카 분말을 얻을 수 있었다.
 3. 재활용된 실리카 분말을 연마제로 섞어 CMP 공정을 수행한 결과 상업용 슬러리에 근접하는 우수한 특성을 나타내었다. 이는 열처리 후 분쇄된 연마입자들의 분산효과가 더 향상되어 연마 입자들이 서로 응고되지 않고 분산되었고, 열처리로 인해 기계적 강도도 향상되었음을 예측할 수 있다.

이러한 결과를 바탕으로, 두겹고 거친 표면에 대해서는 재활용된 슬러리와 원액의 비를 5 : 5나 3 : 7로 희석하고 여기에 열처리된 SiO₂를 2wt% 정도 첨가하여 1차적으로 연마하거나, 폐슬러리에 추출한 연마입자를 열처리 한 후 슬러리 원액에 3wt%로 첨가하여 1차적으로 연마하고, 미세 패턴을 갖는 정밀한 연마 공정에 대해서는 원액의 슬러리를 이용하여 2차적으로 연마하면 다소 공정이 복잡해지지만, 상대적으로 고가의 슬러리 소비량을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

감사의글

이 논문은 2004년도 학술진흥재단의 중점 연구소 지원에 의해서 연구되었음(KRF-2004-005-D00007).

참고 문헌

- [1] J. M. steigerwald, S. P. Murarka, R. J. Gutmann, "Chemical Mechanical Planarization of Microelectronic Materials", John Wiley.
- [2] S. H. Bath, R. Legegett, A. Maury, K. Monning, and R. Tolles, "Planarizing Interlevel Dielectrics by Chemical Mechanical Polishing", Solid State Tech. pp. 87-91, May 1992.
- [3] Yong-Jin Seo and Sang-Yong Kim, "Effects of Various Facility Factors on Chemical Mechanical Polishing Process defects", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 41, No.11A, pp. 6310-6312, 2002.
- [4] Sang-Yong Kim, Yong-Jin Seo, "Correlation analysis between pattern and non-pattern wafer for characterization of shallow trench isolation-chemical mechanical polishing", Microelectronic Engineering, Vol. 60, Issue 3-4, pp. 357-364, 2002.04.
- [5] Yong-Jin Seo, Woo-Sun Lee, Sang-Yong Kim, Jin-Sung Park, Eui-Goo Chang, "Optimization of Post-CMP Cleaning Process for Elimination of CMP Slurry Induced Metallic Contaminations", Journal of Materials Science : Materials in Electronics, Vol. 12, No. 7, pp. 411-415, 2001.
- [6] G. C. C. Yang, T. Y. Yang, S. H. Tsai, " Crossflow electro-microfiltration of oxide-CMP wastewater", Water Research, Vol. 37, pp. 785-792, 2003.
- [7] C. L. Lai, S. H. Lin, "Electrocoagulation of chemical mechanical polishing (CMP) wastewater from semiconductor fabrication, Chemical Engineering Journal, Article in press, Elsevier.